

# METHOD AND DEVICE FOR SCANNING EXPOSURE AND MANUFACTURE OF DEVICE USING METHOD THEREOF

Publication number: JP2000003856 (A)

Publication date: 2000-01-07

Inventor(s): NISHI TAKECHIKA

Applicant(s): NIPPON KOGAKU KK

Classification:

- International: H01L21/027; G03F7/20; G03F7/23; H01L21/02; G03F7/20; G03F7/22; (IPC1-7): H01L21/027; G03F7/23

- European: G03F7/20T16; G03F7/20T24

Application number: JP19990070716 19990316

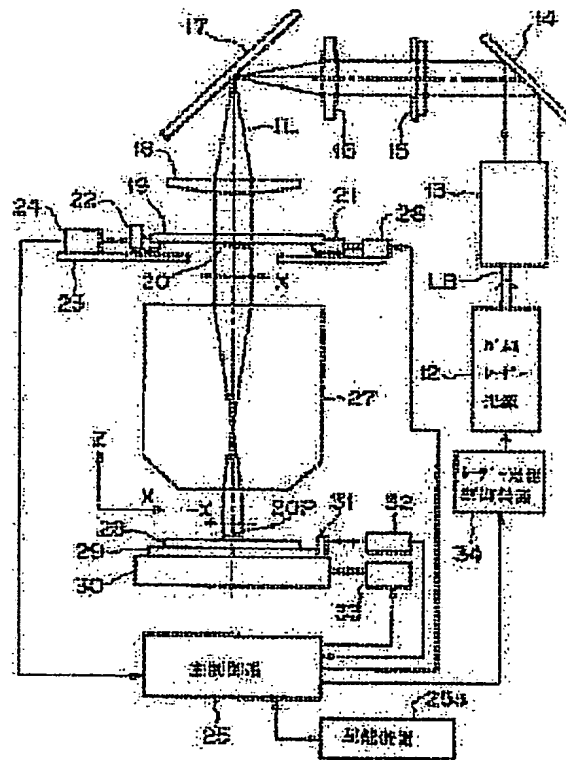
Priority number(s): JP19990070716 19990316

Also published as:

JP3316752 (B2)

Abstract of JP 2000003856 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve exposure accuracy such as overlapping accuracy of, e.g. connecting parts, by providing a first interferometer system, which measures the position information of the first holding means in the crossing direction with the direction of synchronous movement during scanning exposure. **SOLUTION:** At first, under the state wherein an illuminating region 20 on a reticle 19 is illuminated by a pulse laser 1L, the reticle 19 is scanned in the -X direction through a driving device 26 and a reticle stage 21. Furthermore, a wafer 28 is scanned in the X direction through a driving device 33 and a wafer stage 30. Furthermore, when the reticle 19 and the wafer 28 are scanned, the difference between the measured value of a laser interferometer 24 when, e.g. the alignment mark on the reticle 10 and the alignment mark on the wafer agree and the value, which is obtained by multiplying the measured value of a laser interferometer 32 by projection multiplying factor, is memorized as the reference value. The operation of the driving devices 26 and 33 are controlled so that the difference between the measured value of the laser interferometer 24, and the value which is obtained by multiplying the projection multiplying factor on the measured value of the laser interferometer 32 becomes the reference value memorized before.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-3856

(P2000-3856A)

(43)公開日 平成12年1月7日(2000.1.7)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 6 B
G 0 3 F 7/23		G 0 3 F 7/23	H
		H 0 1 L 21/30	5 1 8

審査請求 有 請求項の数33 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平11-70716  
(62)分割の表示 特願平4-284371の分割  
(22)出願日 平成4年10月22日(1992. 10. 22)

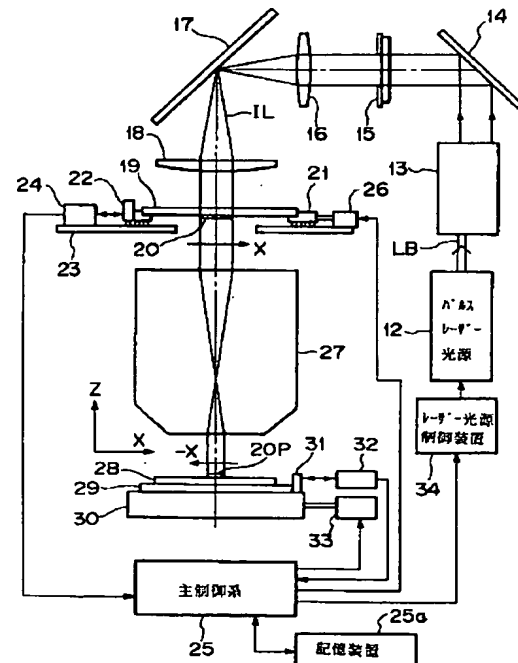
(71)出願人 000004112  
株式会社ニコン  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
(72)発明者 西 健爾  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内  
(74)代理人 100098165  
弁理士 大森 聡

(54)【発明の名称】 走査露光方法、走査型露光装置、及び前記方法を用いるデバイス製造方法

(57)【要約】

【課題】 走査露光方式での露光を精度よく行う。

【解決手段】 走査露光中に、走査方向に高速で移動するレチクル19の、その走査方向と交差する方向の位置情報を干渉計システム24で計測し、露光ビームに対してレチクル19を正確に移動させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 露光ビームに対して第1物体を移動するとともに、該第1物体の移動に同期して第2物体を移動することにより、前記第2物体を走査露光する走査型露光装置において、

前記第1物体を保持して同期移動可能な第1保持手段と、

前記第2物体を保持して同期移動可能な第2保持手段と、

前記走査露光中に前記同期移動の方向と交差する方向の前記第1保持手段の位置情報を計測する第1干渉計システムと、を備えたことを特徴とする走査型露光装置。

【請求項2】 前記第1干渉計システムは、前記第1保持手段の前記同期移動の方向の位置情報の計測も行うことを特徴とする請求項1に記載の走査型露光装置。

【請求項3】 前記第1干渉計システムは、前記第1保持手段の回転情報の計測も行うことを特徴とする請求項1又は2に記載の走査型露光装置。

【請求項4】 前記走査露光中に、前記第2保持手段の位置情報を計測する第2干渉計システムをさらに備えることを特徴とする請求項1から3の何れか一項に記載の走査型露光装置。

【請求項5】 前記第2干渉計システムは、前記第2保持手段の回転情報も計測することを特徴とする請求項4に記載の走査型露光装置。

【請求項6】 露光ビームに対して第1物体を移動するとともに、該第1物体の移動に同期して第2物体を移動することにより、前記第2物体を走査露光する走査型露光装置において、

前記第1物体を保持して同期移動可能な第1保持手段と、

前記第2物体を保持して同期移動可能な第2保持手段と、

前記同期移動の方向と交差する方向に関する前記第1保持手段と前記第2保持手段との相対的な位置情報を計測する干渉計システムと、を備えたことを特徴とする走査型露光装置。

【請求項7】 前記干渉計システムは、前記第1保持手段の位置情報を計測する第1干渉計システムと前記第2保持手段の位置情報を計測する第2干渉計システムとを有することを特徴とする請求項6に記載の走査型露光装置。

【請求項8】 前記干渉計システムは、前記同期移動の方向における前記第1保持手段と前記第2保持手段との相対的な位置情報も計測することを特徴とする請求項6又は7に記載の走査型露光装置。

【請求項9】 前記干渉計システムは、前記第1保持と前記第2保持手段との相対的な回転情報も計測することを特徴とする請求項6から8の何れか一項に記載の走査型露光装置。

【請求項10】 前記計測された位置情報に基づいて、前記第1保持手段と前記第2保持手段との位置関係を調整することを特徴とする請求項6から9の何れか一項に記載の走査型露光装置。

【請求項11】 露光ビームに対して第1物体を移動するとともに、該第1物体の移動に同期して第2物体を移動することにより、前記第2物体を走査露光する走査型露光装置において、

前記第1物体を保持して同期移動可能な第1保持手段と、

前記第2物体を保持して同期移動可能な第2保持手段と、

前記第2物体の走査露光中に前記第1保持手段と前記第2保持手段との相対的な位置誤差の情報を計測する計測手段と、

該計測手段によって計測された走査露光中の位置誤差の情報を記憶する記憶手段と、を備えたことを特徴とする走査型露光装置。

【請求項12】 前記位置誤差の情報は、前記同期移動の方向と交差する方向における位置誤差の情報を含むことを特徴とする請求項11に記載の走査型露光装置。

【請求項13】 前記位置誤差の情報は、前記同期移動の方向における位置誤差の情報を含むことを特徴とする請求項11又は12に記載の走査型露光装置。

【請求項14】 前記位置誤差の情報は回転方向の位置誤差に関する情報を含むことを特徴とする請求項11から13の何れか一項に記載の走査型露光装置。

【請求項15】 前記露光ビームをパルス発射するビーム源をさらに備えたことを特徴とする請求項1から14の何れか一項に記載の走査型露光装置。

【請求項16】 前記第1物体のパターンの像を前記第2物体上に投影するための投影光学系をさらに備え、前記露光ビームの照射領域は、前記投影光学系の露光フィールドと共役な円形領域に内接するように設定されることを特徴とする請求項1から15の何れか一項に記載の走査型露光装置。

【請求項17】 前記露光ビームの照射領域は多角形状に設定されることを特徴とする請求項1から16の何れか一項に記載の走査型露光装置。

【請求項18】 前記露光ビームに、その端部で強度が次第に低下するような強度分布を持たせる光学部材を備えたことを特徴とする請求項1から17の何れか一項に記載の走査型露光装置。

【請求項19】 請求項1から18の何れか一項に記載の走査型露光装置を用いて走査露光を行う工程を含むデバイス製造方法。

【請求項20】 露光ビームに対して第1物体を移動するとともに、該第1物体の移動に同期して第2物体を移動することにより、前記第2物体を走査露光する走査露光方法において、

【請求項３２】 前記記憶された位置誤差に関する情報は、その後に行なわれる走査露光の際に用いられること

4

【０００５】図１０（ｂ）は、従来のステッチング及びスリットスキャン露光方式の投影露光装置における感

光基板としてのウエハ上の被露光領域を示し、この図10(b)において、位置APを中心とする正六角形状の露光領域3がレチクル上の位置Aの照明領域1と共役な領域である。正六角形状の露光領域3は2辺がY方向に平行になっており、正六角形状の露光領域3の対向する2頂点の間隔をR、対向する2辺の間隔をWとすると、 $W = 3^{1/2} R / 2$ である。また、投影光学系によるレチクルからウエハへの投影倍率を $\beta$ として、位置APの露光領域3に対してウエハをX方向に一定速度 $\beta \cdot V$ で走査することにより、露光領域3はウエハ上を軌跡2APに沿って相対的に移動して位置BPに達する。この状態でウエハを-Y方向に距離 $3R/4$ だけ移動することにより、露光領域3はウエハ上を軌跡2BPに沿って相対的に移動して位置CPに達する。この動作がスティッチングである。その後、ウエハを-X方向に一定速度 $\beta \cdot V$ で走査することにより、露光領域3はウエハ上を軌跡2CPに沿って相対的に移動する。

【0006】そして、軌跡2APに沿って相対移動する露光領域3と軌跡2CPに沿って相対移動する露光領域3とは、それぞれY方向の幅が $R/4$ の2等辺3角形の領域が接続領域4で重なるように走査される。従って、接続領域4では2回露光が行われる。このように接続領域4を設けるのは、軌跡2APに沿って相対移動する露光領域3により露光されるパターンと、軌跡2CPに沿って相対移動する露光領域3により露光されるパターンの間に位置ずれが生じないようにするためである。また、正六角形状の露光領域3の2等辺3角形の領域が重なるようにすることにより、次に示すように、ウエハ上の照度分布が均一化される。

【0007】従来は露光光の光源としては、一般に水銀灯のように連続発光の光源が使用されていたため、ウエハ上の接続領域4中の露光点P1は、軌跡2APに沿って相対移動する露光領域3の領域5Aで連続的に露光され、軌跡2CPに沿って相対移動する露光領域3の領域6Aで連続的に露光される。それら領域5A及び領域6AのX方向の長さの合計は露光領域3の幅Wと等しい。また、ウエハ上の接続領域4中の別の露光点P2は、軌跡2APに沿って相対移動する露光領域3の領域5Bで連続的に露光され、軌跡2CPに沿って相対移動する露光領域3の領域6Bで連続的に露光され、それら領域5B及び領域6BのX方向の長さの合計はWと等しい。また、軌跡2APに沿って相対移動する露光領域3だけに露光される非接続部の露光点P0では、X方向に幅Wの領域で連続的に露光される。従って、連続発光型の光源を使用した場合には、ウエハ上のどの露光点P0、P1、P2でも、照射される露光光の量は同じであり、照度分布は均一である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、最近解像力をより向上するため、露光光の短波長化が求められて

いる。現在実用化レベルにある光源の中で波長が比較的に短いものは、ArFエキシマレーザー（波長：193nm）、KrFエキシマレーザー（波長：248nm）等のエキシマレーザー及び金属蒸気レーザー等である。しかしながら、エキシマレーザー光源及び金属蒸気レーザー光源はパルス発光（パルス発振）型であるため、その使用に際しては水銀灯のような連続発光の光源の場合とは違う配慮が必要である。

【0009】図11(a)は正六角形状の露光領域3をパルスレーザー光源からのパルスレーザー光で照明する場合を示し、この図11(a)において、露光領域3はウエハ上の投影光学系の円形の露光領域7の輪郭に内接する領域である。また、露光領域3の間隔がWの対向する2辺がY方向に平行であり、露光領域3に対してX方向及び-X方向にウエハが相対的に走査されるものとする。この場合、パルスレーザー光のパルス毎のエネルギーのばらつきやスペckル等の影響を低減させるためには、ウエハ上の各露光点にパルスレーザー光を複数パルス露光する必要がある。そこで、露光領域3のX方向の幅がWの領域により露光される露光点P0が、パルスレーザー光によりm回（mは1以上の整数）露光されるものとする。これは、パルス発光の1周期Tの間にウエハがX方向又は-X方向に走査される距離を $\Delta L$ として、ウエハの走査速度を $\beta \cdot V$ とすると、次の関係があればよい。

$$\text{【数1】 } W = m \cdot \Delta L = m \cdot T \cdot \beta \cdot V$$

【0010】図11(a)は $m = 8$ の場合を示しており、パルス発光があった時点で露光点P0が露光領域3のエッジ部に在るものとする、露光点P0は露光領域3の内部で7回パルスレーザー光に露光され、エッジ部で2回パルスレーザー光に露光される。この場合、エッジ部で露光されるエネルギーは内部で露光されるエネルギーの1/2であるため、露光点P0には全体で8パルス分のエネルギーが照射される。そして、パルス発光時点で露光点P0がX方向のどの位置に在っても、露光点P0には全体で8パルス分のエネルギーが照射される。また、露光領域3の右側の2等辺3角形の領域3aが通過する露光点の中で、図11(a)に示す露光点P1～P8が2等辺3角形の領域3aを通過する距離は、それぞれ $8 \cdot \Delta L \sim 1 \cdot \Delta L$ である。従って、これら露光点P1～P8には、X方向に領域3aを通過する際にそれぞれ8パルス分～1パルス分のエネルギーが照射される。

【0011】また、次にウエハのスティッチングを行ってから、露光領域3に対してウエハを-X方向に走査すると、露光点P1～P8にはそれぞれほぼ0パルス分～7パルス分のエネルギーが露光される。従って、露光点P1～P8でも、スティッチングにより2回スリットスキャン露光を行うことにより、それぞれ露光点P0と同様に8パルス分のエネルギーが露光される。しかしなが

ら、図11(a)の露光点P4と露光点P5との中間の露光点を図11(b)及び(c)の露光点P9とすると、この露光点P9では2回のスリットスキャン露光を行っても照射されるエネルギーがばらつくという不都合がある。即ち、図11(b)に示す場合には、ウエハを露光領域3の右側の2等辺3角形の領域3a内でX方向に走査する際に、露光点P9が位置8に在るときにパルス発光が行われ、スティッチング後にウエハを露光領域3の左の2等辺3角形の領域3b内でX方向に走査する際に、露光点P9が位置9に在るときにパルス発光が行われる。従って、露光点P9には9パルス分のエネルギーが照射される。

【0012】一方、図11(c)に示す場合には、ウエハを露光領域3の右側の2等辺3角形の領域3a内でX方向に走査する際に、露光点P9が位置10に在るときにパルス発光が行われ、スティッチング後にウエハを露光領域3の左の2等辺3角形の領域3b内でX方向に走査する際に、露光点P9が位置11に在るときにパルス発光が行われる。従って、露光点P9には7パルス分のエネルギーが照射される。従って、露光点P9には、パルス発光のタイミングにより7パルス分～9パルス分のエネルギーが照射されることになる。従って、ウエハ上の接続部4ではパルスレーザ光による照射エネルギーのむら、即ち照度むらが生じるという不都合がある。

【0013】また、接続部ではスリットスキャン露光が2回行われるため、2回の露光の際の重ね合わせ誤差をできるだけ小さくすることが望まれている。本発明は斯かる点に鑑み、スティッチング及びスリットスキャン露光方式で露光を行う場合に、例えば接続部の重ね合わせ精度等の露光精度を向上することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明による第1の走査型露光装置は、露光ビームに対して第1物体を移動するとともに、該第1物体の移動に同期して第2物体を移動することにより、その第2物体を走査露光する走査型露光装置において、その第1物体を保持して同期移動可能な第1保持手段と、その第2物体を保持して同期移動可能な第2保持手段と、その走査露光中にその同期移動の方向と交差する方向のその第1保持手段の位置情報を計測する第1干渉計システムとを備えたものである。

【0015】また、本発明の第2の走査型露光装置は、露光ビームに対して第1物体を移動するとともに、該第1物体の移動に同期して第2物体を移動することにより、その第2物体を走査露光する走査型露光装置において、その第1物体を保持して同期移動可能な第1保持手段と、その第2物体を保持して同期移動可能な第2保持手段と、その同期移動の方向と交差する方向に関するその第1保持手段とその第2保持手段との相対的な位置情報を計測する干渉計システムと、を備えたものである。

【0016】また、本発明の第3の走査型露光装置は、

露光ビームに対して第1物体を移動するとともに、該第1物体の移動に同期して第2物体を移動することにより、その第2物体を走査露光する走査型露光装置において、その第1物体を保持して同期移動可能な第1保持手段と、その第2物体を保持して同期移動可能な第2保持手段と、その第2物体の走査露光中にその第1保持手段とその第2保持手段との相対的な位置誤差の情報を計測する計測手段と、該計測手段によって計測された走査露光中の位置誤差の情報を記憶する記憶手段と、を備えたものである。

【0017】また、本発明の第1のデバイス製造方法は、本発明の走査型露光装置を用いて走査露光を行う工程を含むものである。次に、本発明の第1の走査露光方法は、露光ビームに対して第1物体を移動するとともに、該第1物体の移動に同期して第2物体を移動することにより、その第2物体を走査露光する走査露光方法において、その走査露光中に、その同期移動の方向と交差する方向に関するその第1物体の位置情報を干渉計システムを使って計測するものである。

【0018】また、本発明の第2の走査露光方法は、露光ビームに対して第1物体を移動するとともに、該第1物体の移動に同期して第2物体を移動することにより、その第2物体を走査露光する走査露光方法において、その同期移動の方向と交差する方向に関するその第1物体とその第2物体との相対的な位置情報を干渉計システムを使って計測するものである。

【0019】また、本発明による第3の走査露光方法は、露光ビームに対して第1物体を移動するとともに、該第1物体の移動に同期して第2物体を移動することにより、その第2物体を走査露光する走査露光方法において、その第2物体の走査露光中にその第1物体とその第2物体との相対的な位置誤差の情報を計測し、この計測された位置誤差の情報を記憶するものである。

【0020】また、本発明による第2のデバイス製造方法は、本発明の走査露光方法を用いるものである。これらの場合、その第1物体をマスク(19)として、例えば図3に示すように、マスク(19)上のその露光ビームによる照明領域(20)を台形状の照度分布として、その同期移動方向に交差する第2の方向の、その照明領域の照度分布が一定の領域の長さをL、その照度分布が台形状の領域の両側の照度が次第に小さくなる領域の長さをそれぞれMとして、マスク(19)上に形成される転写用のパターンのその露光ビームによる照明領域(20)のその第2の方向の幅をLTとした場合、1以上の整数nを用いて次の関係が成立するようにその幅LTを定めることが望ましい。

【数2】 $LT = n \cdot L + (n - 1) \cdot M$

【0021】

【作用】斯かる本発明の走査露光方法又は走査型露光装置によれば、その露光ビームによる照明領域(20)の

10

20

30

40

50

その所定の方向に相対的に第1物体(19)及び第2物体(28)を同期して走査する際に、例えば第1物体(19)と第2物体(28)との相対的な位置の誤差が計測されて記憶される。特に本発明では、相対走査の方向に交差する方向の両者の相対的な位置の誤差が計測される。そこで、例えば1回目のスリットスキャン露光の際の第1物体(19)と第2物体(28)との相対的な位置ずれ量を記憶しておく。そして、スティッチング後の2回目のスリットスキャン露光時に、第1物体(19)と第2物体(28)との位置ずれ量をその記憶した位置ずれ量に合わせることににより、接続部の重ね合わせ精度を向上することができる。

【0022】また、その第1物体としてのマスク(19)上の露光ビームによる照明領域(20)のその所定の方向、即ち相対走査の方向に交差する第2の方向の照度分布が台形状である場合には、図5に示すように、第2物体としての感光基板(28)上のその照明領域(20)に共役な露光領域(20P)のその第2の方向(Y方向)の照度分布も台形状である。この場合、露光領域(20P)の相対走査の方向の幅を一定にすると、露光領域(20P)により相対走査される感光基板(28)上のその第2の方向に並んだ各露光点は、それぞれ同じパルス数の露光ビームに照射される。

【0023】また、スティッチングにより第2物体としての感光基板(28)上で露光領域(20P)を横ずれさせる際には、図5に示すように、照度分布が次第に低下する領域(20aP, 20bP)が重なるようにする。これにより、例えばスティッチングにより2回走査される接続部(40c)に存在する露光点Q3では、1回目の走査時の照度SAと2回目の走査時の照度SBとの和が、台形状の照度分布中の照度分布が一定の領域の照度SCに等しくなる。従って、感光基板(28)上の接続部(40c)上の任意の露光点での照度が非接続部の露光点の照度とほぼ等しくなり、照度むらが低減される。また、接続部(40c)ではパルスの露光光の照射パルス数が非接続部でのパルス数の2倍になるため、パルス毎のばらつきに起因する照度むら及びスペックルの影響が特に低減されている。

【0024】なお、感光基板(28)のスティッチングを行う際には、マスク(19)のスティッチングを行う代わりにマスク(19)を別のマスクと交換してもよい。また、例えば図3に示すように、マスク(19)上のその露光光による照度分布が台形状の照明領域(20)のその第2の方向の、照度分布が一定の領域の長さをL、その照度分布が台形状の領域の両側の照度が次第に小さくなる領域の長さをそれぞれMとして、マスク(19)上に形成される転写用のパターン(35)のその露光光による照明領域(20)のその第2の方向の幅をLTとする。この場合、スティッチングによりその照明領域(20)をマスク(19)上でn回走査して、マ

スク(19)上のパターン(35)を感光基板(28)上に露光するものとする、その照明領域(20)の接続部(35c)では、照度分布が次第に減少する長さMの領域が重なる必要がある。しかしながら、パターン(35)の両端部の照度分布を中央部と同程度に維持するためには、パターン(35)の両端部ではその照度分布が減少する長さMの領域は遮光されていることが望ましい。このため、パターン(35)のその第2の方向の幅LTは(数2)のようになる。

【0025】また、その露光光による照明領域(20)のその第2の方向に相対的にマスク(19)を移動させるマスク移動手段(21, 26)を設け場合には、マスク(19)に対してもスティッチングを行うことができる。

【0026】

【実施例】以下、本発明の一実施例につき図1～図7を参照して説明する。本実施例は、パルス発光型のレーザー光源を備えたスティッチング及びスリットスキャン露光方式の投影露光装置に本発明を適用したものである。図1は本実施例の投影露光装置の全体の構成を示し、この図1において、エキシマレーザー光源等のパルスレーザー光源12から射出されたレーザービームLBは、ビームエキスパンダ、オブティカルインテグレート、開口絞り及びリレーレンズ等よりなる照明最適化光学系13に入射する。照明最適化光学系13から射出された露光光としてのパルスレーザー光ILが、偏向ミラー14に反射されて視野絞り15に入射する。視野絞り15の開口を通過したパルスレーザー光ILが、リレーレンズ16、偏向ミラー17及びコンデンサーレンズ18を経て均一な照度でレチクル19を照明する。視野絞り15の配置面はレチクル19のパターン形成面と共役であり、視野絞り15の開口によりレチクル19のパターン形成面のスリット状の照明領域20の形状が設定される。

【0027】レチクル19はレチクルステージ21上に保持され、レチクルステージ21のX方向(図1の紙面内の左右方向)及びY方向(図1の紙面に垂直な方向)に移動鏡22が取り付けられ、レチクルステージ21及び移動鏡22はガイド23に沿ってXY平面内で移動できると共に、X方向に等速移動できるように支持されている。レチクルステージ21にはX方向及びY方向への移動並びにヨーイング補正のための微小回転等を行うための駆動装置26が接続されている。また、ガイド23に対して固定されたレーザー干渉計24からのレーザービームが移動鏡22に反射され、レーザー干渉計24によりレチクル19のX方向及びY方向の位置並びにヨーイング量が常時計測され、これらの計測データが主制御系25に供給されている。主制御系25は、駆動装置26を介してレチクル19の動作を制御し、レーザー光源制御装置34を介してパルスレーザー光源12の発光動作を制御する。

【0028】レチクル19のパターンを通過したパルスレーザー光1Lは、投影光学系27を介してウエハ28上に導かれ、照明領域20と共役なウエハ28上の露光領域20Pに、照明領域20内のレチクル19のパターン像が所定の投影倍率 $\beta$ で縮小されて結像される。ウエハ28は、微小回転自在なウエハホルダー29上に保持され、ウエハホルダー29はウエハステージ30上に固定されている。ウエハステージ30は、X方向及びY方向よりなる2次元平面内でウエハ28を位置決めするXYステージ、並びに投影光学系27の光軸に平行なZ方向にウエハ28を位置決めするZステージ等より構成されている。ウエハステージ30上にレーザー干渉計32からのレーザービームを反射するための移動鏡31が固定され、レーザー干渉計32はウエハ28のXY平面内の位置及びヨーイング量を常時計測し、この計測データが主制御系25に供給されている。主制御系25は、駆動装置33を介してウエハステージ30の動作を制御する。また、主制御系25には記憶装置25aが接続されている。

【0029】図2(a)はレチクル19上の矩形のスリット状の照明領域20を示し、照明領域20は、投影光学系27の最大露光フィールドと共役な円形の領域の輪郭に内接し、長手方向であるY方向の長さが $(L+2M)$ であり、幅の狭い方向であるX方向の幅が $D$ である。この幅 $D$ のX方向にレチクル19を走査することにより、照明領域20内のパルスレーザー光がレチクル19上のより広いパターン領域を順次照明する。また、図2(b)に示すように、照明領域20内のY方向の照度分布 $S$ は、中央の長さ $L$ の領域で一定であり、両側のそれぞれ長さ $M$ の領域20a、20bでほぼ直線的に0に落ちていく。即ち、照明領域20内の相対走査の方向に垂直なY方向の照度分布 $S$ は台形状である。このように、台形状の照度分布を得るには、図1の視野絞り15の開口において、長手方向をデフォーカス状態にすればよい。又は、視野絞り15又は照明最適化光学系13中に、透過率分布が直線的に変化しているNDフィルター板等を配置することによっても、台形状の照度分布を得ることができる。

【0030】図3は図1中のレチクル19を示し、この図3において、レチクル19のパターン形成面にY方向の幅が $L$ のTのパターン領域35が形成され、パターン領域35にウエハに転写すべき回路パターンが形成されている。また、パターン領域35のY方向の外側には幅が $M$ 以上の遮光部よりなる禁止帯36が形成されている。本例では、パターン領域35をスリット状の照明領域20でX方向に2回走査して、パターン領域35のパターンをウエハ上に転写する。そして、例えば1回目の走査では右半分の領域35aのパターンをウエハ上に転写し、2回目の走査では左半分の領域35bのパターンをウエハ上に転写する。

【0031】この際に、領域35aの左端部と領域35bの右端部とはY方向に幅 $M$ の接続部35cで重なるようにして、この接続部35cを照明領域20の照度が次第に低下する領域20a又は20bが走査するようにする。これにより、接続部35cの照度分布が均一になると共に、転写されるパターンの位置ずれが防止される。また、パターン領域35内の照度を一定にするため、パターン領域35のY方向の端部において、照明領域20の照度が次第に低下する領域20a及び20bにより走査される領域が生じないようにする。照明領域20の内

【数3】 $LT = 2 \cdot L + M$

【0032】一般に、パターン領域35を照明領域20でX方向に $n$ 回走査することにより、パターン領域35のパターンをウエハ上に転写するものとして、照度が次第に低下する領域20a又は20bのみにより照明される領域が生じないようにするには、パターン領域35のY方向の幅 $L$ は次のように定めればよい。

【数4】 $LT = n \cdot T + (n-1) \cdot M$

【0033】図4(a)は、図1のウエハ28上の矩形のスリット状の露光領域20Pを示し、露光領域20Pは図2(a)のレチクル19上の照明領域20と共役である。この場合、投影光学系27の投影倍率が $\beta$ であるため、露光領域20PのX方向の幅は $\beta \cdot D$ で、Y方向の幅は $\beta \cdot (L+2M)$ である。また、図4(b)に示すように、露光領域20Pの内の両側のY方向の幅が $\beta \cdot M$ の領域20aP及び20bPではそれぞれ照度 $S$ がほぼ直線的に0に低下している。また、スリットスキャン露光を行う際には、露光領域20Pに対してウエハ28はX方向に走査されるため、露光領域20Pの相対走査の方向に垂直なY方向の照度分布も台形状である。

【0034】次に、露光領域20Pの相対走査の方向であるX方向の幅 $\beta \cdot D$ の条件について説明する。この場合、図1のパルスレーザー光源12のパルス発光の周期(即ち、発光周波数 $f$ の逆数)を $T$ として、スリットスキャン露光を行っている際に1周期 $T$ の間にウエハ28がX方向に走査される距離を $\Delta L$ とすると、露光領域20PのX方向の幅 $\beta \cdot D$ を、距離 $\Delta L$ の整数倍に設定する。また、ウエハ28のX方向の走査速度を $\beta \cdot V$ とすると、距離 $\Delta L$ は $T \cdot \beta \cdot V$ である。即ち、 $m$ を1以上の整数として次式が成立する。

【数5】 $\beta \cdot D = m \cdot \Delta L = m \cdot T \cdot \beta \cdot V$

【0035】図4(a)では、 $\beta \cdot D = 4 \cdot \Delta L$ の場合を示している。このときには、例えばパルス発光があった時点で露光領域20Pのエッジ部に存在する露光点Q0は、露光領域20Pの内部で3パルスのパルスレーザー光に照射され、露光領域20Pのエッジ部で2パルス



のバルスレーザー光に照射される。また、1回のバルス発光で露光領域20Pの内部の露光点に照射されるエネルギーを $\Delta E$ とすると、露光点Q0には、 $4 \cdot \Delta E (= \Delta E/2 + 3 \cdot \Delta E + \Delta E/2)$ のエネルギーが照射される。また、例えばバルス発光があった時点で露光領域20Pのエッジ部の内側に存在するウエハ上の露光点Q1にも、 $4 \cdot \Delta E$ のエネルギーが照射され、バルス発光があった時点で露光領域20Pのエッジ部の外側に存在するウエハ上の露光点Q2にも、 $4 \cdot \Delta E$ のエネルギーが照射される。このように、本例によれば、ウエハ上の露光領域20Pによって走査される全ての露光点に対して、同一のmバルスのバルスレーザー光が照射される。従って、露光領域20P中の照度分布が一定の領域で走査される露光点では照度分布は一定となる。

【0036】なお、露光領域20Pの両側の領域20aP及び20bPにより1回走査される露光点では、照射されるバルス数はmバルスでも照射されるエネルギーは少なくなっている。しかしながら、後述のように、本例ではスティッチングの際の接続部を領域20aP及び20bPで2回走査するようにしているので、接続部の各露光点でも照射されるエネルギーは $m \cdot \Delta E$ となり、ウエハ上の全ての露光点において照射されるエネルギーの量は同一となり、照度むらが無くなっている。

【0037】次に、本例のスティッチング及びスリットスキャン露光の動作の一例につき説明する。先ず、図1において、レチクル19上のスリット状の照明領域20をバルスレーザー光1Lで照明した状態で、駆動装置26及びレチクルステージ21を介してレチクル19を-X方向に一定の速度Vで走査する。そして、それに同期して、駆動装置33及びウエハステージ30を介してウエハ28をX方向に一定の速度 $\beta \cdot V$ で走査する。このように、レチクル19及びウエハ28を走査する際には、例えばレチクル19上の所定のアライメントマークとウエハ28上の所定のアライメントマークとが合致したときの、レーザー干渉計24の計測値とレーザー干渉計32の計測値に投影倍率 $\beta$ を乗じた値との差を基準値として記憶しておき、レーザー干渉計24の計測値とレーザー干渉計32の計測値に投影倍率 $\beta$ を乗じた値との差がその予め記憶した基準値となるように駆動装置26及び33の動作を制御する。従って、レチクル19及びウエハ28は常に所定の関係で互いに静止した状態で、それぞれ照明領域20及び露光領域20Pに対して幅の狭い方向に走査される。

【0038】これにより、図3に示すように、レチクル19側ではスリット状の照明領域20が軌跡37に沿ってパターン領域35の右側の領域35aを相対的に走査する。また、図5(a)に示すように、ウエハ28側ではスリット状の露光領域20Pが軌跡37Pに沿ってパターン領域35に対応する被露光領域40の左側の領域40aを相対的に走査する。

【0039】次に、1回目のスリットスキャン露光が終了した時点で、図3においてスティッチングにより、レチクル19をY方向に移動することにより、照明領域20を軌跡38に沿ってパターン領域35の左上に移す。また、図5(a)において、ウエハ28を-Y方向に移動することにより、スリット状の露光領域20Pを軌跡38Pに沿って被露光領域40の右下に移す。その後、レチクル19をX方向に速度Vで走査すると共に、ウエハ28を-X方向に速度 $\beta \cdot V$ で走査することにより2回目のスリットスキャン露光を行う。この結果、図3に示すように、レチクル19側ではスリット状の照明領域20が軌跡39に沿ってパターン領域35の左側の領域35bを相対的に走査する。また、図5(a)に示すように、ウエハ28側ではスリット状の露光領域20Pが軌跡39Pに沿ってパターン領域35に対応する被露光領域40の右側の領域40bを相対的に走査する。

【0040】また、図3に示すように、1回目の走査と2回目の走査とにおいて、レチクル19のパターン領域35のY方向の中央部の接続部35cでは、照明領域20の照度が低下する左側の領域20aと照度が低下する右側の領域20bとにより重ねて露光が行われるようにする。これにより、図5(a)に示すように、ウエハ28の被露光領域40のY方向の中央部の接続部40cでは、スリット状の露光領域20Pの照度が低下する右側の領域20aPと照度が低下する左側の領域20bPとにより重ねて露光が行われる。例えば、接続部40c内の露光点Q3においては、1回目の露光の際の照度は図5(b)の照度SAとなり、2回目の露光の際の照度は照度SBとなる。領域20aPと領域bPとのY方向の照度分布は互いに対称に直線的に0に低下しているので、照度SAと照度SBとの和の照度は、露光領域20Pの照度が一定の領域の照度SCと等しくなる。

【0041】また、既に説明したように、露光領域20Pにより1回走査される露光点では、全てmバルスのバルスレーザー光が照射される。従って、接続部40c内の露光点Q3では、露光領域20Pの2回の走査により非接続部の露光点と等しい量のエネルギーが照射され、照度分布がウエハ28上の全露光点で均一化されている。更に、接続部40c内の露光点では2回の走査により照射されるバルス数は、非接続部の露光点の2倍の2m個となっている。従って、接続部40cでは特にバルスレーザー光のバルス毎のエネルギーのばらつきやスペックルの影響が低減されている。具体的に、バルスレーザー光のバルス毎のエネルギーのばらつきに起因する照度のばらつきは、接続部40cでのばらつきが非接続部でのばらつきの $1/2^{1/2}$ に抑えられている。

【0042】次に、本実施例では、図5(a)のウエハ28上の領域40aをスリットスキャン露光する際に、レチクル19とウエハ28との相対位置をレーザー干渉計24及び32でモニターし、レチクル19とウエハ2

8との相対的な位置ずれ量を機械的な制御誤差として、図1の記憶装置25aに記憶する。即ち、1回目の走査により、ウエハ28上の任意の露光点の像がmパルス分のパルスレーザー光の照射で形成されるならば、各パルス発光に同期してX方向の相対位置ずれ量をモニターする。各パルス毎のX方向の相対位置ずれ量を $\Delta x_i$ として、 $\Sigma$ を添字iに関する1～mまでの和を表すとする、次の演算により平均的な位置ずれ量 $\langle \Delta x \rangle$ を計算できる。

$$\text{【数6】 } \langle \Delta x \rangle = \Sigma \Delta x_i / m$$

【0043】同様に、相対走査の方向であるX方向に垂直なY方向のレチクル19とウエハ28との相対的な位置ずれ量 $\Delta y_i$ 、及びレチクル19とウエハ28との回転誤差をも記憶装置25aに記憶しておく。従って、1個の位置ずれ量 $\Delta x_i$ の記憶容量を $\Delta M$ とすると、記憶装置25aの記憶容量としては、 $\Delta M \times m$ 個分の数倍の容量があればよいが、例えば近傍の位置での相対位置ずれ量等を平均化することによって、記憶する相対位置ずれ量等の個数を少なくすることもできる。このように記憶装置25aに記憶された相対位置誤差及び回転誤差は、ウエハ28上の接続部40cにおける所謂「ショット歪」の原因となる。

【0044】次に、2回目の走査により図5(a)の領域40bへの露光を行う際に、主制御系25は記憶装置25aから読み出した相対位置誤差及び回転誤差に合わせるように、駆動装置26及び33を介してレチクルステージ21及びウエハステージ30の動作を制御する。これにより、ウエハ28上の接続部40cでのパターンの重ね合わせ精度が高精度になる。また、通常レチクルステージ21及びウエハステージ30のX方向及びY方向の位置決め精度を $\Delta x$ 、 $\Delta y$ とすると、接続部40cでの重ね合わせ誤差はそれぞれ $2^{1/2} \Delta x$ 及び $2^{1/2} \Delta y$ となる。これに対して、本例の方法では最初の領域40aの露光の際のショット歪に合わせて次の領域40bの露光の際の位置関係を補正する(同じショット歪になる様にレチクル19及びウエハ28の位置を制御する)ので、重ね合わせ誤差は $\Delta x$ 、 $\Delta y$ だけである。

【0045】次に、ウエハ28の全部の露光面への露光方法につき説明する。先ず図5(a)の方法を適用した場合には、図6に示すように、それぞれスリットスキャン露光により順次隣接する領域40-1a、40-1b、40-2a、40-2b、…、40-4b、40-4aへの露光が行われる。但し、図6の方法は図5(a)の方向と走査方向は逆である。また、2個の走査領域、例えば領域40-1b及び40-1aに対してそれぞれレチクル19のパターン領域35の回路パターンが転写される。この方法では、レチクル19のパターン領域35のウエハ28上での共役像内での走査方向が反対になる。また、この走査方法によれば、そのパターン領域35のパターンをウエハ28上に短時間で転写で

き、ウエハ28の膨張等の影響を受け難い利点がある。その反面、走査方向の特性による接続部の精度が悪化する虞があり、図3の照明領域20のY方向への軌跡38に対応するレチクル19の移動を高速で行う必要がある。

【0046】次に、図7に示すように、最初にレチクル19のパターン領域35の例えば右半分の領域35aだけをウエハ28上の対応する領域に連続して露光して、次にパターン領域35の左半分の領域35bだけをウエハ28上の対応する領域に連続して露光する方法もある。即ち、この方法では、先ず図7(a)に示すように、ウエハ28上の領域40-1b、40-2b、…、40-4bへの露光が行われ、次に図7(b)に示すように、図7(a)の軌跡と平行にウエハ28上の領域40-1a、40-2a、…、40-4aへの露光が行われる。この方法によれば、レチクル19のパターン領域35に対応するウエハ28上の2個の被露光領域(例えば領域40-1b及び40-1a)ではスリット状の露光領域20Pの走査方向が同じになる。これにより接続部40cでの重ね合わせ精度が向上する場合がある。

【0047】次に、上述実施例では投影光学系27として屈折光学系が使用されているので、図2(a)に示すように、レチクル19上の照明領域は矩形の照明領域20となっている。これに対して、特に露光光の短波長化に対しては、凹面鏡等を用いた反射屈折光学系により構成される投影光学系を用いると収差等の点で有利である。また、凹面鏡等は光軸から離れた領域の方が収差が少ないため、反射屈折光学系を用いた場合には、レチクル19上のスリット状の照明領域は、図8(a)に示すように、円弧状の照明領域41となる。この場合でも、照明領域41の相対走査の方向の幅Dは一定であり、照明領域41の相対走査の方向に垂直な長手方向をY方向とすると、照明領域41のY方向の照度分布は、図8(b)に示すように台形状になっている。即ち、照明領域41のY方向の両端の領域41a及び41bでは、照度分布は直線的に0に落ちている。このような照度分布に設定することにより、図1の実施例と同様にスティッチングの際の接続部の照度むらを小さくすることができる。

【0048】次に、本発明の他の実施例につき図9を参照して説明する。本実施例は、図11を参照して説明したように正六角形状の露光領域3でウエハ上を走査する場合に本発明を適用したものである。図9(a)及び(b)は本実施例でスティッチングを行う場合のウエハ上の接続部4を示し、この図9(a)及び(b)において、正六角形状の露光領域3での照度分布は均一であるが、露光光としてはパルスレーザー光が使用されている。また、相対走査の方向をX方向及び-X方向とすると、露光領域3の間隔がWの対向する2辺がスティッチ

10

20

30

40

50

ングの方向であるY方向に平行になっている。この場合でも、スリットスキャン露光の際に、パルス発光の1周期の間にウエハがX方向又は-X方向に移動する距離を $\Delta L$ とすると、その間隔Wは、1以上の整数mを用いて次のように設定される。

【数7】 $W = m \cdot \Delta L$

【0049】図9(a)及び(b)では $m = 8$ の場合が示されており、1回の走査により、ウエハ上の非接続部の露光点P0には常に8パルス分のエネルギーが照射される。また、本実施例では、ウエハを露光領域3に対してX方向に走査する場合と、ウエハを露光領域3に対して-X方向に走査する場合とで、パルスレーザー光源がパルス発光するときのウエハのX方向の位置が同一になるようにする。例えば図9(a)において、ウエハ上の接続部4内の露光点P9が露光領域3に対してX方向に走査されるとき、即ち露光点P9が露光領域3の右側の2等辺3角形の領域3aを走査するときに、パルス発光が行われるときの露光点P9のX方向の位置を位置8とする。そして、2回目の走査によりその露光点P9が露光領域3に対して-X方向に走査されるとき、即ち露光点P9が露光領域3の左側の2等辺3角形の領域3bを走査するときに、パルス発光が行われるときの露光点P9のX方向の位置を位置42とすると、位置42と位置8とが合致することを意味する。図9(a)の場合には、領域3a内に位置8が5箇所あり、領域3b内に位置42が3箇所あるので、露光点P9には2回のスリットスキャン露光により合計で8パルス分のエネルギーが照射される。

【0050】また、図9(b)は図9(a)の場合と比べて、パルス発光のタイミングがX方向に $\Delta L/2$ だけずれている場合を示す。図9(b)においては、露光点P9が露光領域3の右側の2等辺3角形の領域3aを走査するときに、パルス発光が行われるときの露光点P9のX方向の位置10に対して、2回目の走査により露光点P9が露光領域3の左側の2等辺3角形の領域3bを走査するときに、パルス発光が行われるときの露光点P9のX方向の位置43が等しくなるようにする。図9

(b)の場合には、領域3a内に位置10が4箇所あり、領域3b内に位置43が4箇所あるので、露光点P9には2回のスリットスキャン露光により合計で8パルス分のエネルギーが照射される。一般に、本例によれば、接続部4内の各露光点において、非接続部の露光点P0と同様に8パルス分のエネルギーが照射され、照度むらは生じない。なお、以上の実施例では、1枚のレチクルを用いたスティッチング動作について説明したが、複数枚のレチクルを同一のレチクルステージに載置し、スティッチング時にレチクルを交換しながら走査露光を繰り返すようにしても良い。

【0051】なお、本発明は上述実施例に限定されず本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得るこ

とは勿論である。

【0052】

【発明の効果】本発明によれば、例えばスティッチング及びスリットスキャン露光方式で露光を行う場合に、第1物体(マスク)と第2物体(感光基板)との位置ずれ量を所定の状態にすることによって、例えば接続部での重ね合わせ精度等の露光精度を向上できる利点がある。特に本発明では、その2つの物体の相対走査の方向に交差する方向の精度を向上することができる。

10 【0053】また、露光ビームによる照明領域の所定の方向に相対的に第1物体及び第2物体を同期して走査する際の、第1物体と第2物体との相対的な位置の誤差を記憶する記憶手段を設けた場合には、接続部での1回目の走査における相対的な位置の誤差を記憶して、接続部での2回目の走査の際にその相対的な誤差に合わせて位置制御を行うことにより、接続部での重ね合わせ誤差を小さくできる。

20 【0054】また、マスク上の露光ビームによる照度分布が台形状の照明領域の第2の方向の、照度分布が一定の領域の長さをL、その照度分布が台形状の領域の両側の照度が次第に小さくなる領域の長さをそれぞれMとして、マスク上に形成される転写用のパターン of 露光ビームによる照明領域のその第2の方向の幅LTを、 $\{n \cdot L + (n - 1) \cdot M\}$ に設定することにより、マスク上の転写用のパターンが常に均一な照度で照明される。

【0055】そして、露光ビームによる照明領域のその第2の方向に相対的にマスクを移動させるマスク移動手段を設けた場合には、マスク側でもスティッチングを行うことができる。

30 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による投影光学装置の一実施例を示す構成図である。

【図2】(a)は図1のレチクル19上のスリット状の照明領域を示す平面図、(b)はその照明領域の照度分布を示す分布図である。

【図3】その実施例のレチクルのパターンを示す平面図である。

40 【図4】(a)はその実施例のウエハ上のスリット状の露光領域を示す平面図、(b)はその露光領域の照度分布を分布図である。

【図5】(a)はウエハ上の被露光領域を示す平面図、(b)はその被露光領域における照度分布を示す分布図である。

【図6】その実施例でのウエハ上のスリットスキャン露光の軌跡の一例を示す平面図である。

【図7】その実施例でのウエハ上のスリットスキャン露光の軌跡の他の例を示す平面図である。

50 【図8】(a)はレチクル上の照明領域の変形例を示す平面図、(b)はその照明領域の変形例の照度分布を示す分布図である。

【図9】(a)は本発明の他の実施例におけるパルス発光の位置の関係の一例を示す拡大平面図、(b)は本発明の他の実施例におけるパルス発光の位置の関係の他の例を示す拡大平面図である。

【図10】(a)は従来の連続発光型の光源を備えた投影露光装置でスティッチング及びスリットスキャン露光を行う際のレチクル上の照明領域の相対走査の様子を示す平面図、(b)は図10(a)に対応するウエハ上の露光領域の相対走査の様子を示す平面図である。

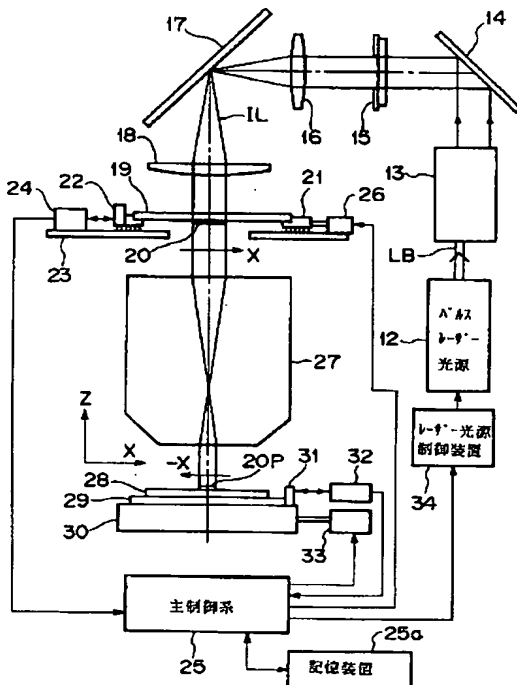
【図11】正六角形の露光領域でスティッチング及びスリットスキャン露光を行う場合に、パルス発光型の光源を使用するときの感光基板上の照度むらの説明に供する線図である。

【符号の説明】

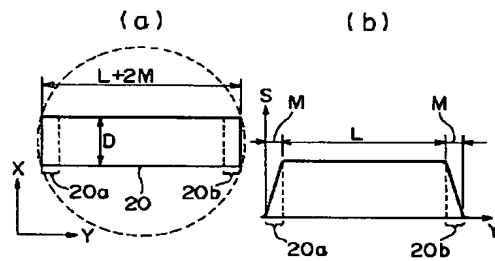
- 12 パルスレーザー光源  
13 照明最適化光学系

- \* 15 視野絞り  
16 リレーレンズ  
18 コンデンサーレンズ  
19 レチクル  
20 レチクル上の矩形のスリット状の照明領域  
20P ウエハ上の矩形のスリット状の露光領域  
21 レチクルステージ  
23 ガイド  
24, 32 レーザー干渉計  
25 主制御系  
26, 33 駆動装置  
28 ウエハ  
30 ウエハステージ  
34 レーザー光源制御装置  
35 パターン領域  
\* 40 被露光領域

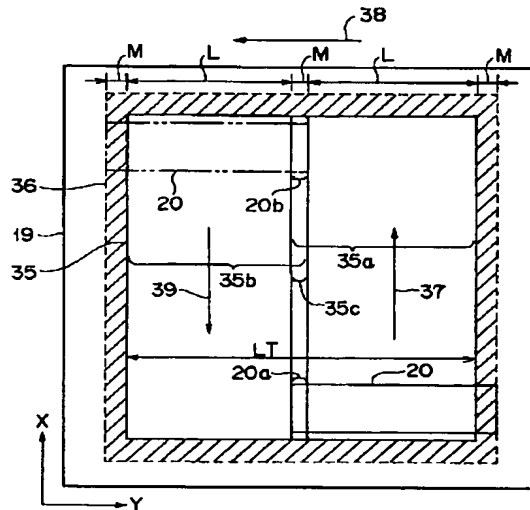
【図1】



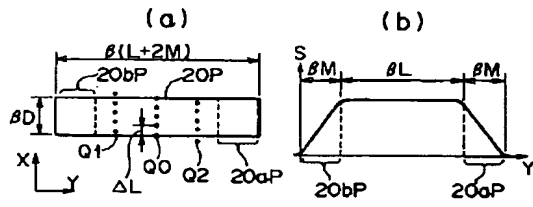
【図2】



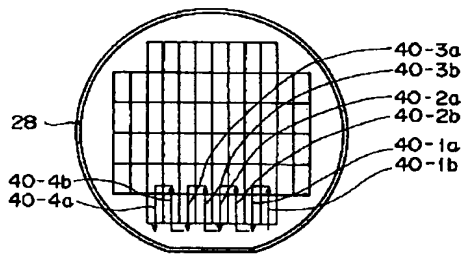
【図3】



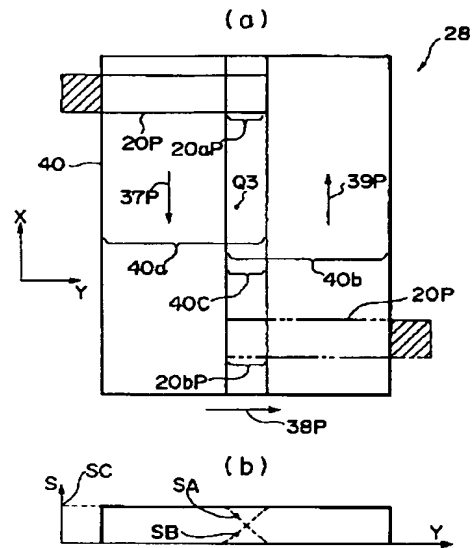
【図 4】



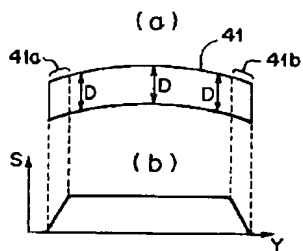
【図 6】



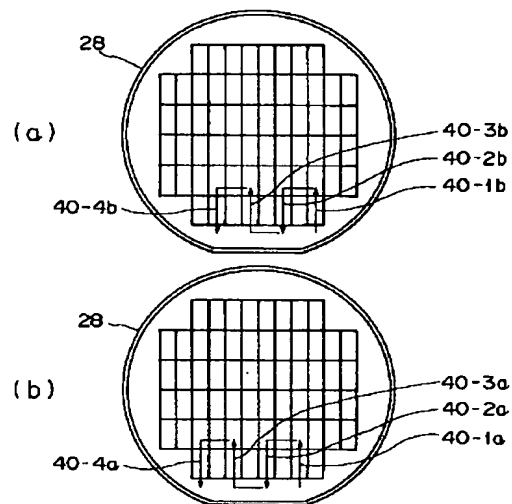
【図 5】



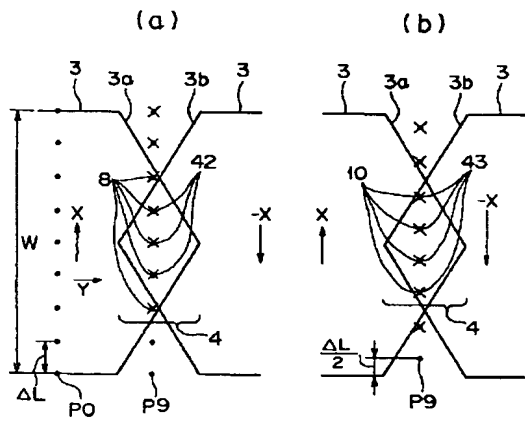
【図 8】



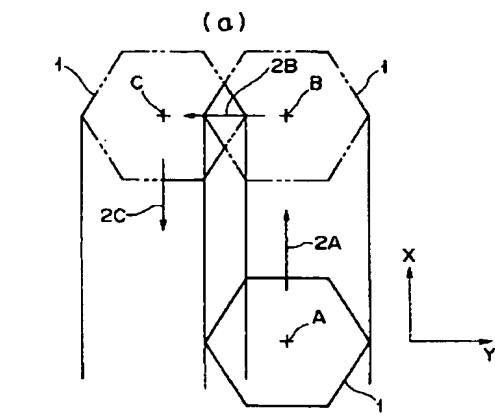
【図 7】



【図9】



【図10】



【図11】

